



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 8月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-245172

出 願 人

Applicant(s):

古河電気工業株式会社

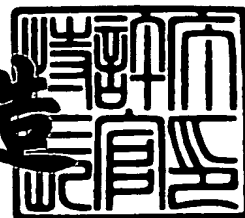
小山 二三夫

伊賀 健一

2001年 9月 6日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3082495

【書類名】 特許願

【整理番号】 A10441

【提出日】 平成13年 8月13日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明の名称】 ウエハ酸化装置及び半導体素子の作製方法

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 横内 則之

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 植田 菜摘

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内2丁目6番1号 古河電気工業株式会社内

【氏名】 佐々木 康真

【発明者】

【住所又は居所】 東京都町田市薬師台3-13-1

【氏名】 小山 二三夫

【発明者】

【住所又は居所】 東京都町田市つくし野2-33-10

【氏名】 伊賀 健一

【特許出願人】

【識別番号】 000005290

【氏名又は名称】 古河電気工業株式会社

【代表者】 古河 潤之助

【特許出願人】

【識別番号】 501157036

【氏名又は名称】 小山 二三夫

【特許出願人】

【識別番号】 591055399

【氏名又は名称】 伊賀 健一

【代理人】

【識別番号】 100096231

【弁理士】

【氏名又は名称】 稲垣 清

【選任した代理人】

【識別番号】 100095326

【弁理士】

【氏名又は名称】 畑中 芳実

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001-119711

【出願日】 平成13年 4月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 029388

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9305593

【包括委任状番号】 9302325

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 ウエハ酸化装置及び半導体素子の作製方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 酸化反応炉と、酸化反応炉に配置され、ウエハを水平に保持して水平面内で回転自在な板状のヒータ内蔵型ウエハステージとを備えるウエハ酸化装置において、

ウエハの外形輪郭より大きく、熱伝導率が $100\text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ 以上の板状伝熱部材が、ウエハステージとウエハとの間に介在していることを特徴とするウエハ酸化装置。

【請求項 2】 板状伝熱部材が、グラファイト、炭化ケイ素、銅、及びシリコンのいずれかを主材料にして形成されていることを特徴とする請求項 1 に記載のウエハ酸化装置。

【請求項 3】 酸化反応炉と、酸化反応炉に配置され、ウエハを水平に保持して水平面内で回転自在な板状のヒータ内蔵型ウエハステージとを備えるウエハ酸化装置において、

ウエハステージが、熱伝導率 $100\text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ 以上の材料で形成されていることを特徴とするウエハ酸化装置。

【請求項 4】 ウエハステージが、グラファイト、炭化ケイ素、銅、及びシリコンのいずれかを主材料にして形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載のウエハ酸化装置。

【請求項 5】 基板上に形成された積層構造内に少なくとも 1 層の Al を含む化合物半導体層を有する半導体素子の作製方法において、ウエハ酸化装置を使って、Al を含む化合物半導体層中の Al を選択的に酸化し、Al 酸化層を生成する際に、

ウエハ酸化装置のヒータ内蔵型ウエハステージとウエハとの間に、熱伝導率 $100\text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ 以上の板状伝熱部材を介在させることを特徴とする半導体素子の作製方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ウエハ酸化装置及び半導体素子の作製方法に関し、更に詳細には、ウエハのAlを含む被酸化層を酸化して、Al酸化層を生成する際、Al酸化層の酸化幅について良好な面内均一性を維持しつつ、被酸化層を酸化する酸化装置、及びそのようなウエハ酸化装置を使って、半導体素子を作製する方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

半導体レーザ素子では、半導体レーザ素子の電流効率を高め、閾値電流値を下げるために、注入電流領域を狭窄する電流狭窄構造が設けられている。電流狭窄構造には、pn逆バイアスで電流狭窄する半導体埋め込み構造、イオン打込みによるpn接合分離方式の電流狭窄構造と、選択酸化法によりAlAs層のAlを選択的に酸化してなるAl酸化層を電流狭窄層とする酸化狭窄型の電流狭窄構造とがある。

酸化狭窄型の電流狭窄構造は、電流狭窄作用が確実で、しかも製作が比較的容易であるので、半導体レーザ素子の電流狭窄構造として多用されている。

【0003】

ここで、面発光型半導体レーザ素子を例にして、図2を参照しながら酸化層狭窄型の半導体レーザ素子の構造を説明する。図2は酸化層狭窄型のGaAs系面発光型半導体レーザ素子の構成を示す斜視図である。

GaAs系面発光型半導体レーザ素子10は、p-GaAs基板12上に、p-Al_{0.2}Ga_{0.8}As/p-Al_{0.9}Ga_{0.1}Asの35.5ペアからなる下部反射鏡14、ノンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As下部クラッド層16、量子井戸活性層18、ノンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As上部クラッド層20、n-Al_{0.2}Ga_{0.8}As/p-Al_{0.9}Ga_{0.1}Asの25ペアからなる上部反射鏡22、及びn-GaAsキャップ層24の積層構造を備えている。

【0004】

p-下部反射鏡14の活性層18に最も近い層は、n-Al_{0.9}Ga_{0.1}As層に代えて、AlAs層26で形成されていて、後述するように、未酸化のAl

A s 層 2 6 からなる電流注入領域と、電流注入領域以外の領域の A l A s 層 2 6 の A l が選択的に酸化されて転化した A l 酸化層 2 8 からなる電流狭窄領域とを構成している。

量子井戸活性層 1 8 は、3 層の膜厚 7 n m の G a A s 量子井戸発光層を含む G a A s / A l_{0.2} G a_{0.8} A s 多重量子井戸構造として形成されている。

【0005】

積層構造のうち、上部反射鏡 2 2、上部クラッド層 2 0、活性層 1 8 及び A l A s 層 2 6 は、フォトリソグラフィー処理及びエッチング加工により、溝幅が例えば 3 0 μ m の円形溝 3 0 が形成され、これにより、中央部が例えば直径 4 0 μ m の円形のメサポストに加工されている。

メサポストの外側から A l A s 層 2 6 の A l を選択的に酸化させることにより、外周から内方に幅約 1 0 μ m の A l 酸化層 2 8 からなる電流狭窄層と、中央の未酸化の A l A s 層 2 6 からなる電流注入領域とが形成されている。

【0006】

メサポスト上を除き、溝 3 0 の壁を含む積層構造上面全面に、S i N_x 膜 3 2 が保護膜として成膜されている。また、メサポスト上を除き S i N_x 膜 3 2 上には、n - G a A s キャップ層 2 4 に接触すると共に中央に直径 1 0 μ m の光放出窓を有するリング状電極が n 側電極 3 4 として設けられ、更に、電極引き出し用に T i / P t / A u パッド 3 6 が n 側電極 3 4 に接続するように形成されている。

基板裏面を研磨して基板厚さを例えば 1 0 0 μ m 厚に調整した後、p - G a A s 基板 1 2 の裏面に p 側電極 3 8 が形成されている。

【0007】

上述の面発光型半導体レーザ素子 1 0 を作製する際には、先ず、p - G a A s 基板 1 2 上に、有機金属気相成長法 (MOCVD 法) により、p - A l_{0.2} G a_{0.8} A s / p - A l_{0.9} G a_{0.1} A s 3 5. 5 ペア の多層膜を成長させて、下部反射鏡 1 4 を形成する。下部反射鏡 1 4 の最上層には、n - A l_{0.9} G a_{0.1} A s 層に代えて、A l A s 層 2 6 を成膜する。

続いて、MOCVD 法により、下部クラッド層 1 6、多重量子井戸構造 1 8、

上部クラッド層 20 を成長させる。

次いで、 $n\text{-Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ / $n\text{-Al}_{0.9}\text{Ga}_{0.1}\text{As}$ の 25 ペアの多層膜を成長させて、上部反射鏡 22 を形成し、続いて、上部反射鏡 22 の最上層である $\text{Al}_{0.2}\text{Ga}_{0.8}\text{As}$ 層上にキャップ層 24 を成長させ、積層構造を形成する。

【0008】

次に、成長表面にプラズマ CVD 法により SiN_x 薄膜（図示せず）を成膜し、その上にフォトリソist膜を成膜し、フォトリソグラフィ技術で円形パターンを転写して、直径約 $40\text{ }\mu\text{m}$ の円形パターンを有する円形レジストエッチングマスクを形成する。

このエッチングマスクを用いて、 CF_4 ガスをエッチングガスとする反応性イオンエッチング（RIE）で SiN_x 薄膜をエッチングする。同じエッチングマスクを使って、引き継いで、塩素ガスを用いた反応性イオンビームエッチング（RIIBE）により下部反射鏡 14 の最上層である AlAs 層 26 の下地層を露出させるまで、積層構造をエッチングして、柱状構造を形成する。

【0009】

フォトリソist膜のエッチングマスクを除去した後、後述するようなウエハ酸化装置に柱状構造を備えた積層構造を投入して酸化処理を行う。これにより、 AlAs 層 26 を選択的に酸化し、 AlAs 層 26 の外周部に電流狭窄層として幅が約 $10\text{ }\mu\text{m}$ の Al 酸化層を 28 を形成する。

次に、RIE によりエッチングして SiN_x 膜マスクを除去した後、再度、全面に SiN_x 膜 32 を成膜する。

次いで、円柱構造の上面部の SiN_x 膜 32 のみをフォトリソグラフィ技術と RIE により除去し、直径 $10\text{ }\mu\text{m}$ の光放出窓を有する n 側電極 34 を形成する。続いて、基板厚さが約 $100\text{ }\mu\text{m}$ になるまで基板 12 の裏面を研磨した後に、基板裏面に p 側電極 38 として AuZn を蒸着し、最後に電極の合金化をおこなって、面発光型半導体レーザ素子 10 を完成することができる。

【0010】

AlAs 層の酸化装置として、液体マスフローコントローラと気化器を組み合

わせた、A 1 酸化層の酸化幅の再現性及び制御性が良好なウエハ酸化装置が、提案されている (Jpn.J.Appl.Phys.39,vol.6A,p3468,2000)。

ここで、図 3 を参照して、液体マスフローコントローラと気化器を組み合わせたウエハ酸化装置の構成を説明する。図 3 (a) は上述のウエハ酸化装置の構成を示す模式図、及び図 3 (b) はウエハステージの断面図である。

上述のウエハ酸化装置 4 0 は、図 3 (a) に示すように、密閉された筒型の酸化反応炉 4 2 と、酸化反応炉 4 2 の下部中央に配置され、ウエハを水平に保持して、水平面で回転自在なステンレス製ウエハステージ 4 4 と、ウエハステージ 4 4 の上方に配置された主ノズル 4 6 と、酸化反応炉 4 2 の下部に設けられた排気口 4 8 を介して酸化反応炉 4 2 内を排気する真空ポンプ (図示せず) とを備えている。

ウエハステージ 4 4 は、ウエハ W を回転させてウエハ W への水蒸気分布を一樣にするために、回転軸周りに回転するようになっている。

【 0 0 1 1 】

主ノズル 4 6 には、気化器 5 0 が配管 5 2 によって接続されている。水は液体マスフローコントローラ 5 4 を経て気化器 5 0 に導入され、蒸発する。蒸発した水は、マスフローコントローラ 5 6 を経て気化器 5 0 に導入された窒素ガスに同伴して配管 5 2 を通って主ノズル 4 6 から酸化反応炉 4 2 内に分散、放出される。

また、酸化反応炉 4 2 には、冷却用の窒素ガスを供給する供給管 5 8 に接続された副ノズル 6 0 が設けられていて、冷却用の窒素ガスが、副ノズル 6 0 からウエハに向かって下方に放出される。

【 0 0 1 2 】

ウエハステージ 4 4 は、図 3 (b) に示すように、ヒータ 6 2 を内蔵する円形板状部材であって、ヒータ 6 2 によってウエハステージ 4 4 上のウエハ W を加熱するようになっている。また、ヒータ 6 4 が酸化反応炉 4 2 の周りに設けられている。

更に、主ノズル 4 6 にヒータ (図示せず) が設けられ、蒸発した水及び同伴窒素ガスを加熱する。これらにより、ウエハステージ 4 4 上のウエハ W は、所定の

温度に維持される。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、上述した従来のウエハ酸化装置40を使ってAlAs層の選択的酸化を行うと、ウエハの全面にわたり同じ酸化幅のAl酸化層を生成させることが難しく、Al酸化層の酸化幅の面内均一性が満足できるレベルにないという問題があった。

酸化幅の面内均一性は、素子特性の面内均一性を決定するものであって、酸化幅の面内均一性が悪いと、製品歩留りを向上させることが難しい。

以上の説明では、面発光型半導体レーザ素子を例にして、酸化幅の面内均一性が好ましくないという問題を説明したが、これは、Alを含む層の選択的酸化によりAl酸化層に転化して電流狭窄層を形成する、半導体素子全般に該当する問題である。

【0014】

そこで、本発明の目的は、Alを含む層を酸化してAl酸化層を生成する際、面内均一性が高く、ウエハの全面にわたって同じ酸化幅の酸化層を生成できるようにした、ウエハ酸化装置を提供することであり、また、ウエハの全面にわたって同じ酸化幅の酸化層を生成できるようにした、酸化層狭窄型の半導体レーザ素子の作製方法を提供することである。

【0015】

【課題を解決するための手段】

本発明者は、半導体の酸化が温度に対して非常に敏感であることに着目した。そして、Alを含む被酸化層を酸化する際に、酸化幅の面内均一性が良くないのは、酸化工程中の試料の温度均一性が良くないからであろうと考え、炉内の温度分布の小さい酸化反応炉を使用して、酸化幅の面内均一性を高めることを試みたが、好ましい結果を得ることができなかった。

【0016】

そこで、本発明者らは、図4に示すように、グラファイト等の熱伝導性の良好な材料で形成したトレーをウエハステージ44とウエハWとの間に介在させるこ

とを着想し、以下の実験を行った。

それぞれ、相互に熱伝導率が異なる、厚さ $500\ \mu\text{m}$ のシリコン基板、厚さ $1\ \text{mm}$ のパイロリティックチツ化ホウ素 (PBN) 板、厚さ $1\ \text{mm}$ のグラファイト板、厚さ $1\ \text{mm}$ のステンレス鋼板、厚さ $1\ \text{mm}$ の銅板、厚さ $500\ \mu\text{m}$ の炭化ケイ素板、及び厚さ $300\ \mu\text{m}$ のサファイア基板で、それぞれ、直径が $85\ \text{mm}$ で、円形の被験トレーを作製した。尚、ウエハステージ 44 の直径は $100\ \text{mm}$ 、ウエハの直径は、 $75\ \text{mm}$ であった。

そして、以下に説明する同一の酸化条件で試料積層構造体の酸化実験を行い、被験トレー毎に酸化幅の均一性を評価することにした。

【0017】

酸化実験に用いた試料は、図 5 (a) に示すように、GaAs 基板上に厚さ $100\ \text{nm}$ の AlAs 層を成長させ、次いで厚さ $1\ \mu\text{m}$ の GaAs 層を成長させた積層構造体であって、実験直前に劈開して劈開面を露出させる。

【0018】

酸化手順は、次の通りである。

150°C に保持した被験トレーに試料積層構造体を載せて、従来のウエハ酸化装置 40 の酸化反応炉 42 のウエハステージ 44 上に装着する。

次いで、酸化反応炉 42 内の空気を完全に窒素ガスで置換したのち、液体マスフローコントローラ 54 を経て $20\ \text{g/h}$ の流量で水を気化器 50 に供給する。水は気化器 50 で完全に気化し、続いて $20\ \text{リットル/分}$ の流量の窒素ガスと混合され、酸化反応炉 42 に導入される。

【0019】

次いで、試料積層構造体をヒータ 62、64 で加熱して約 3 分間で 400°C に昇温する。更に、 $10\ \text{分間}$ 、 400°C の温度を保持する。被験トレーを介して試料積層構造体をウエハステージ 44 上に装着した後、ウエハステージ 44 を $10\ \text{回転/分}$ の回転速度で回転させて、水蒸気が均一に試料積層構造体に噴霧されるようにする。

400°C に昇温し、 $10\ \text{分間}$ 保持した後に、水蒸気の導入を停止し、 $20\ \text{リットル/分}$ の流量の窒素ガスを酸化反応炉 42 に導入して試料積層構造体を急冷す

る。これで、酸化実験が終了する。

以上の酸化実験を各被験トレ毎に行った。

【0020】

以上の酸化実験によって、試料積層構造体は、図5（b）に示すように、劈開面から内部へ向かってAlAs層中のAlが選択的に酸化され、Al酸化層となっている。

そして、各被験トレ毎の酸化実験で、劈開面に沿ってAl酸化層の酸化幅を測定し、表1に示す測定結果を得た。表1は、各被験トレの熱伝導率と、被験トレを使った際の酸化幅の変動幅を示している。

【表1】

トレ種類と酸化均一性のまとめ

	均一性	熱伝導率 (W/K/m)
シリコン	+・- 1. 0 μ m	1 4 5
PBN	+・- 3. 0 μ m	6 5
グラファイト	+・- 0. 5 μ m	1 4 0
ステンレス	+・- 2. 0 μ m	2 0
銅	+・- 0. 5 μ m	4 0 0
炭化ケイ素	+・- 0. 5 μ m	2 0 0
サファイア	+・- 1. 5 μ m	4 5

【0021】

また、ステンレス鋼板製の被験トレ、PBN板製の被験トレ、及びグラファイト板製の被験トレを使った酸化実験の結果を図6に示している。図6では、試料積層構造体の劈開面の中央位置を0点とし、0点から左右に離隔した位置を距離（mm）で横軸に示し、0点から4mm毎の位置の酸化幅（ μ m）を測定して、それを縦軸に示している。

図6から判る通り、グラファイト板製の被験トレを使った酸化実験では、酸化幅の変動幅が+・- 0. 5 μ mの範囲内であって良好な均一性を示している。これに対して、ステンレス鋼板製の被験トレを使った酸化実験では、酸化幅の変動幅が+・- 2. 0 μ mに増大し、更に、PBN板製の被験トレを使った酸

化実験では、酸化幅の変動幅が $\pm 3.0 \mu\text{m}$ となっている。

【0022】

熱伝導率が $100\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 以上の被験トレイ、つまりグラファイト板製被験トレイ、銅板製被験トレイ、及び炭化ケイ素板製被験トレイを用いることにより、良好な均一性が得られることが判った。

本発明者らは、上述の実験結果を以下のように考察した。

試料積層構造体の各測定位置での酸化幅は、その位置の温度と水蒸気供給量により決定される。本酸化実験では、試料積層構造体を回転させているので、水蒸気の供給量は概ね均一であると考えられる。従って、酸化幅の不均一は、被験トレイ上の温度分布によって決定される。

被験トレイの温度分布について言えば、 400°C に到達した後は、酸化反応炉42内で、水蒸気と窒素ガスが熱対流を起こしているため、積層構造体の温度分布は十分に小さい。従って、 400°C に昇温する過程で生じた積層構造体の温度分布が酸化幅不均一の原因であると考えられ、これは被験トレイの熱伝導率の大小に起因している。

尚、シリコン基板製被験トレイは、熱伝導率が十分に高いにもかかわらず、均一性がそれほど高くないのは、使用したシリコン基板が、絶縁のために熱伝導率の低い酸化シリコン膜で被覆されていからであると推測される。

そこで、シリコン基板の表面にグラファイト、銅、炭化ケイ素をそれぞれ被覆して実験したところ、ウエハ面内の酸化均一性について良好な結果を得ることが出来た。

【0023】

上記目的を達成するために、上述の知見に基づいて、本発明に係るウエハ酸化装置は、酸化反応炉と、酸化反応炉に配置され、ウエハを水平に保持して水平面内で回転自在な板状のヒータ内蔵型ウエハステージとを備えるウエハ酸化装置において、

ウエハの外形輪郭より大きく、熱伝導率が $100\text{W}/(\text{K}\cdot\text{m})$ 以上の板状伝熱部材が、ウエハステージとウエハとの間に介在していることを特徴としている。

【 0 0 2 4 】

板状伝熱部材の厚さは、機械的強度が保持できる程度の厚さであれば良い。

また、ウエハステージ自体を熱伝導率 $100\text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ 以上の材料で形成しても良い。従って、本発明に係る別のウエハ酸化装置は、酸化反応炉と、酸化反応炉に配置され、ウエハを水平に保持して水平面内で回転自在な板状のヒータ内蔵型ウエハステージとを備えるウエハ酸化装置において、

ウエハステージが、熱伝導率 $100\text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ 以上の材料で形成されていることを特徴としている。

【 0 0 2 5 】

本発明では、好適には、板状伝熱部材又はウエハステージが、グラファイト、炭化ケイ素、銅、及びシリコンのいずれかを主材料にして形成されている。

シリコンは、熱伝導率は良いものの、酸化され易く、熱伝導率の低いシリコン酸化膜が表面に生成するので、表面をグラファイト、銅、炭化ケイ素等の熱伝導性が良好で、かつ酸化し難い材料で被覆することが好ましい。

【 0 0 2 6 】

本発明に係る半導体素子の作製方法は、基板上に形成された積層構造内に少なくとも1層のAlを含む化合物半導体層を有する半導体素子の作製方法において、ウエハ酸化装置を使って、Alを含む化合物半導体層中のAlを選択的に酸化し、Al酸化層を生成する際に、

ウエハ酸化装置のヒータ内蔵型ウエハステージとウエハとの間に、熱伝導率 $100\text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ 以上の板状伝熱部材を介在させることを特徴としている。

【 0 0 2 7 】

本発明装置は、被酸化膜の種類、組成等に制約なく適用できる。また、本発明方法は、積層構造を構成する化合物半導体層の組成、膜種を問わず、積層構造内に少なくとも1層のAlを含む化合物半導体層を有する半導体素子を作製する限り、好適に適用できる。

【 0 0 2 8 】

【発明の実施の形態】

以下に、実施形態例を挙げ、添付図面を参照して、本発明の実施の形態を具体

的かつ詳細に説明する。

ウエハ酸化装置の実施形態例

本実施形態例は、本発明に係るウエハ酸化装置の実施形態の一例であって、図 1 (a) は本実施形態例のウエハ酸化装置の構成を示す模式図、及び図 1 (b) はウエハステージの詳細断面図である。

本実施形態例のウエハ酸化装置 7 0 は、図 1 (a) 及び (b) に示すように、熱伝導率が $100\text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ 以上の板状伝熱部材 7 2 が、ウエハステージ 4 4 とウエハ W との間に介在していることを除いて、従来のウエハ酸化装置 4 0 と同じ構成を備えている。

板状伝熱部材 7 2 は、グラファイトで形成された厚さが 1 mm で直径が 85 mm の円形の板状体であって、図 1 (b) に示すように、ウエハステージ 4 4 上に密着固定されている。尚、ウエハ W の直径は 75 mm 、ウエハステージ 4 4 の直径は 100 mm である。

【0029】

半導体素子の作製方法の実施形態例

本実施形態例は、上述のウエハ酸化装置 7 0 を使った、本発明方法に係る半導体素子の作製方法の実施形態の一例である。

先ず、従来と同様にして、 p-GaAs 基板 1 2 上に、下部反射鏡 1 4、 AlAs 層 2 6、下部クラッド層 1 6、多重量子井戸構造 1 8、上部クラッド層 2 0、上部反射鏡 2 2、及びキャップ層 2 4 からなる積層構造を形成する。

次に、 AlAs 層 2 6 の下地層を露出させるまで、エッチングし、柱状構造を形成する。

柱状構造を上述のウエハ酸化装置 7 0 に投入して、次の酸化条件で AlAs 層 2 6 を酸化する。その際には、 150°C に保持した板状伝熱部材 7 2 上にウエハを載置する。

【0030】

酸化反応炉 4 2 内の空気を十分に窒素ガスに置換したのち、液体マスフローコントローラ 5 4 を使って 20 g/h の流量で水を気化器 5 6 に供給する。水は、気化器 5 6 で完全に気化され、かつマスフローコントローラ 5 6 を経て供給され

た 2 0 リットル／分の流量の窒素ガスと混合され、酸化反応炉 4 2 に導入される。

次いで、ウエハをヒータ 6 2 によって約 3 分間で 4 0 0℃まで昇温させる。次いで、1 0 分間の間、4 0 0℃の温度に保持する。ウエハをウエハステージ 4 4 に載置した後、ウエハステージ 4 4 を 1 0 回転／分の回転速度で回転させ、水蒸気が均一にウエハに噴霧されるようにする。

1 0 分間 4 0 0℃に保持した後に、水蒸気の導入を停止し、2 0 リットル／分の流量の窒素ガスを副ノズル 6 0 から導入してウエハを急冷する。これにより、酸化工程は終了する。

【0 0 3 1】

本実施形態例の方法によって酸化工程を実施したとき、AlAs 層 2 6 が酸化されて転化した Al 酸化層 2 8 の幅は、約 1 0 μ m であって、酸化幅のウエハ面内均一性は、従来のウエハ酸化装置を使った場合に比べて、著しく良好であった。

また、本実施形態例では、板状伝熱部材を単一の材料から形成したが、熱伝導性が 1 0 0 W / (K · m) 以上であれば、複数種の材料で形成しても良い。例えば、酸化抑制を目的として、シリコン基板の表面をグラファイト等で被覆しても良いし、耐熱性の向上を目的として、グラファイト表面に炭化ケイ素を被覆しても良い。

【0 0 3 2】

本実施形態例では、GaAs 量子井戸を発光層とした面発光型半導体レーザ素子を例にして本発明を説明したが、Al を含む層を酸化する工程を経て作製される半導体素子であれば、いかなる素子にも適用可能である。

例えば、活性層に GaInNAs を含む量子井戸を用い、本実施形態例と同じように作製された波長 1. 3 μ m の面発光型半導体レーザ素子や、InP 基板上の AlGaInAs、あるいは AlAs 超格子を酸化層とした端面発光型半導体レーザ素子など、その応用範囲は広い。

【0 0 3 3】

【発明の効果】

本発明によれば、酸化反応炉と、酸化反応炉の下部中央に配置され、ウエハを水平に保持して水平面内で回転自在な板状のヒータ内蔵型ウエハステージとを備えるウエハ酸化装置において、ウエハの外形輪郭より大きな輪郭を有し、熱伝導率が $100\text{ W}/(\text{K} \cdot \text{m})$ 以上の板状伝熱部材をウエハステージとウエハとの間に介在させることにより、Al を含む層を酸化させて Al 酸化層からなる電流狭窄層を形成する際、Al 酸化層の酸化幅の面内均一性が良好な、ウエハ酸化装置を実現している。

また、本発明方法は、本発明に係るウエハ酸化装置を使って、Al 酸化層の酸化幅の面内均一性が良好なように、Al を含む層を酸化させる、半導体素子の作製方法を実現している。

本発明及び本発明方法を適用することにより、Al 酸化層を電流狭窄層とする半導体素子の製造歩留まりが向上し、素子の低価格化を促すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

図 1 (a) は実施形態例のウエハ酸化装置の構成を示す模式図、及び図 1 (b) はウエハステージの詳細断面図である。

【図 2】

酸化層狭窄型の面発光型半導体レーザ素子の構造を示す断面図である。

【図 3】

図 3 (a) はウエハ酸化装置の構成を示す模式図、及び図 3 (b) はウエハステージの断面図である。

【図 4】

解決手段を示す模式図である。

【図 5】

図 5 (a) 及び (b) は、それぞれ、酸化実験に供した試料積層構造体の断面図、及び酸化により生成した Al 酸化層の断面図である。

【図 6】

被験トレー毎の Al 酸化層の酸化幅の測定結果を示すグラフである。

【符号の説明】

- 1 0 G a A s 系面発光型半導体レーザ素子
- 1 2 p - G a A s 基板
- 1 4 p - A l _{0.2} G a _{0.8} A s / p - A l _{0.9} G a _{0.1} A s の 3 5 . 5 ペア
からなる下部反射鏡
- 1 6 ノンドープ A l _{0.3} G a _{0.7} A s 下部クラッド層
- 1 8 量子井戸活性層
- 2 0 ノンドープ A l _{0.3} G a _{0.7} A s 上部クラッド層
- 2 2 n - A l _{0.2} G a _{0.8} A s / p - A l _{0.9} G a _{0.1} A s の 2 5 ペアから
なる上部反射鏡
- 2 4 n - G a A s キャップ層
- 2 6 A l A s 層
- 2 8 A l 酸化層
- 3 0 円形溝
- 3 2 S i N _x 膜
- 3 4 n 側電極
- 3 6 T i / P t / A u パッド
- 3 8 p 側電極
- 4 0 従来のウエハ酸化装置
- 4 2 酸化反応炉
- 4 4 ウエハステージ
- 4 6 主ノズル
- 4 8 排気口
- 5 0 気化器
- 5 2 配管
- 5 4 液体マスフローコントローラ
- 5 6 マスフローコントローラ
- 5 8 供給管
- 6 0 副ノズル
- 6 2、6 4 ヒータ

7 0 実施形態例のウエハ酸化装置

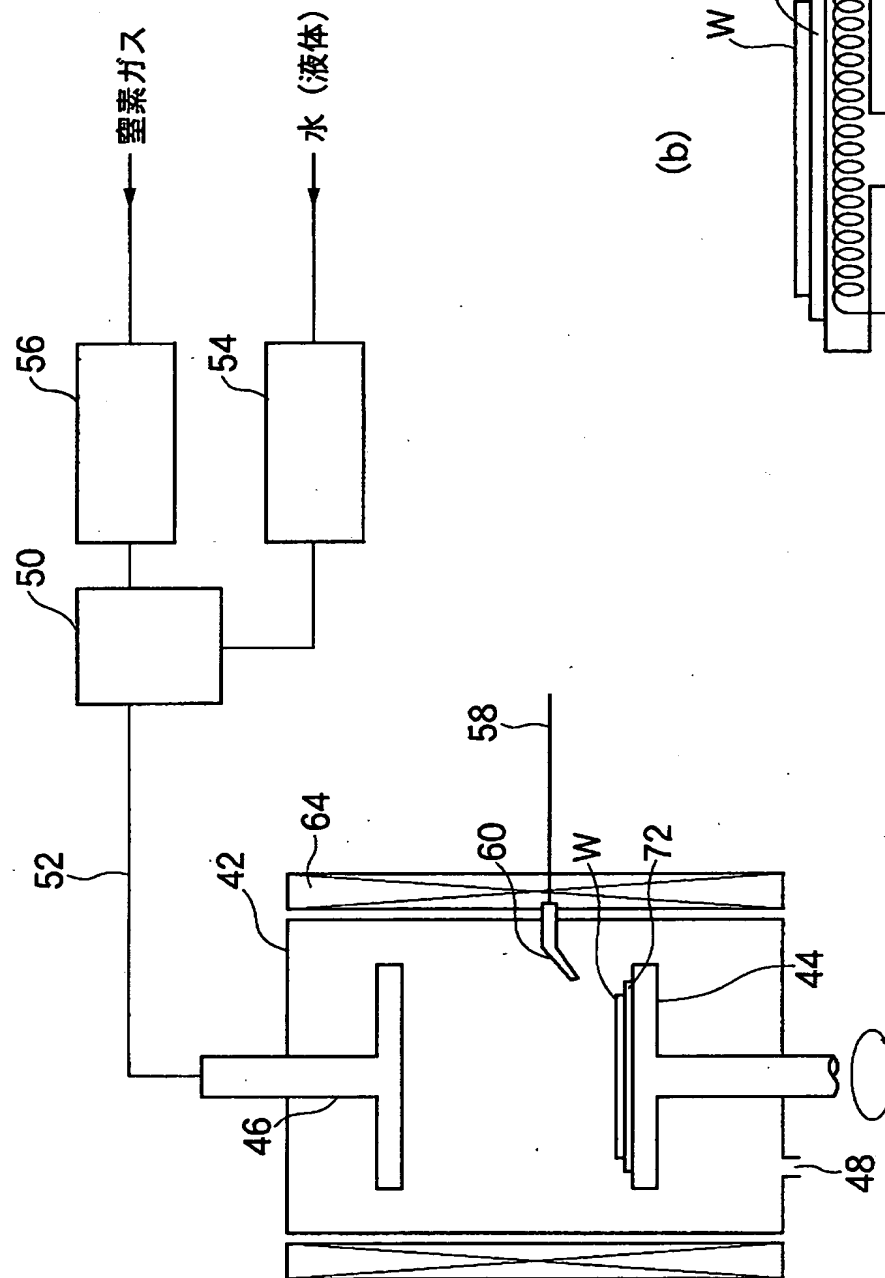
7 2 板状伝熱部材

【書類名】 図面

【図 1】

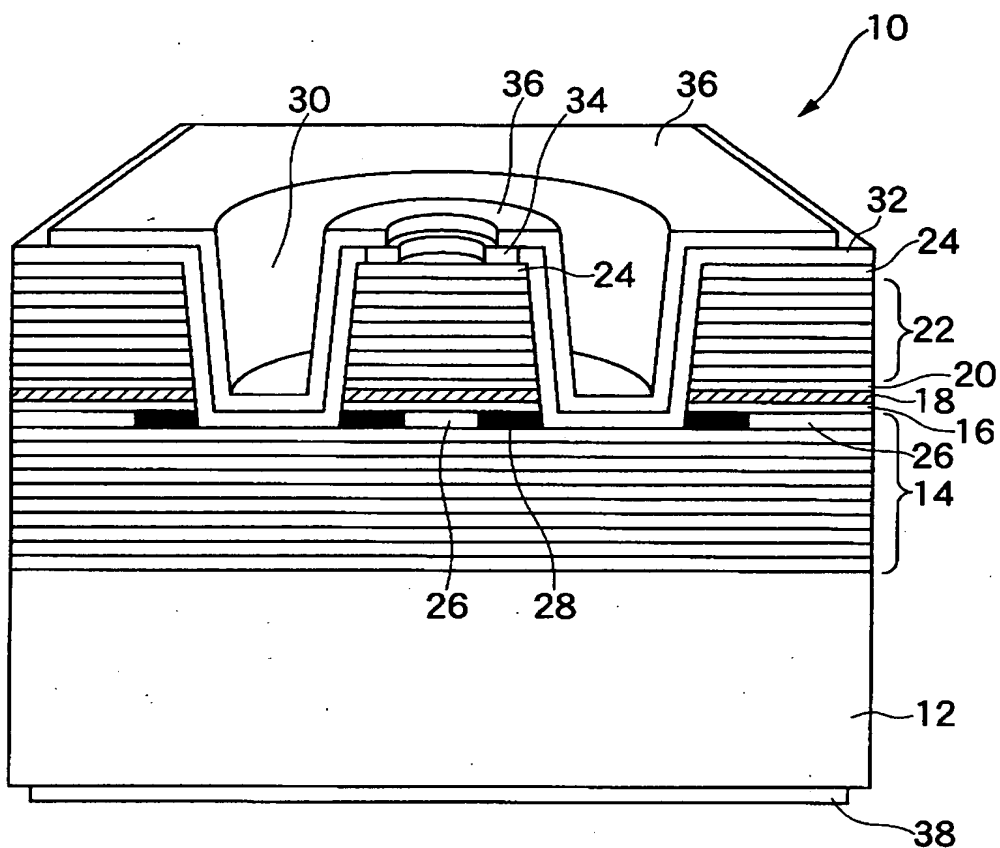
70 実施形態例のウェハの酸化装置

(a)



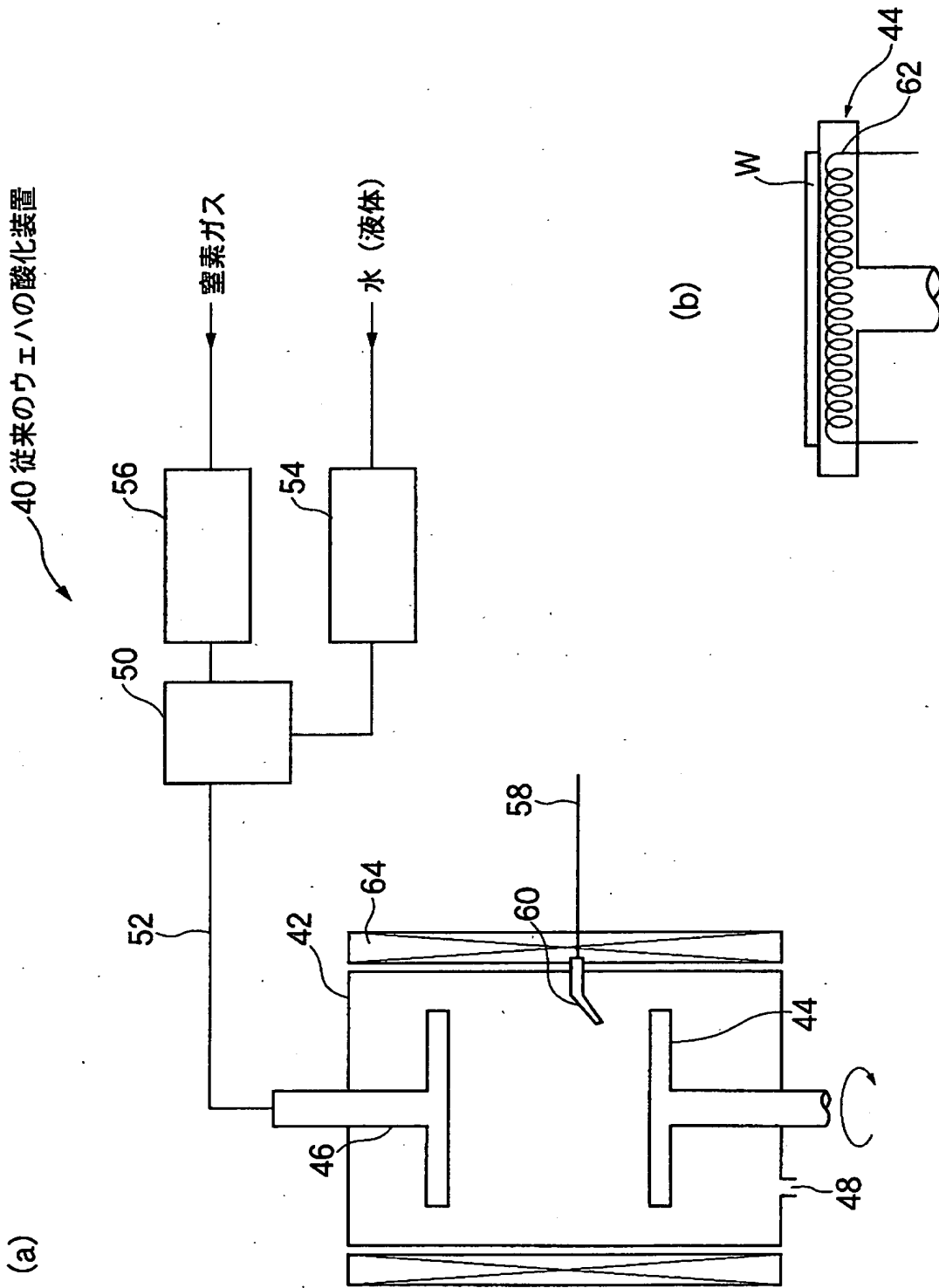
(b)

【図 2】

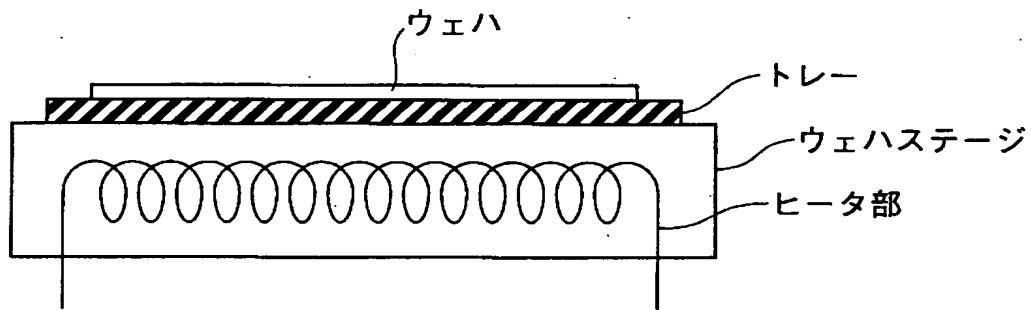


- 10 GaAs系面発光型半導体レーザ素子
- 12 p-GaAs基板
- 14 p-Al_{0.2}Ga_{0.8}As/p-Al_{0.9}Ga_{0.1}Asの35.5ペアからなる下部反射鏡
- 16 ノンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As下部クラッド層
- 18 量子井戸活性層
- 20 ノンドープAl_{0.3}Ga_{0.7}As上部クラッド層
- 22 n-Al_{0.2}Ga_{0.8}As/p-Al_{0.9}Ga_{0.1}Asの25ペアからなる上部反射鏡
- 24 n-GaAsキャップ層
- 26 AlAs層
- 28 Al酸化層
- 30 円形溝
- 32 SiN_x膜
- 34 n側電極
- 36 Ti/Pt/Auパッド
- 38 p側電極

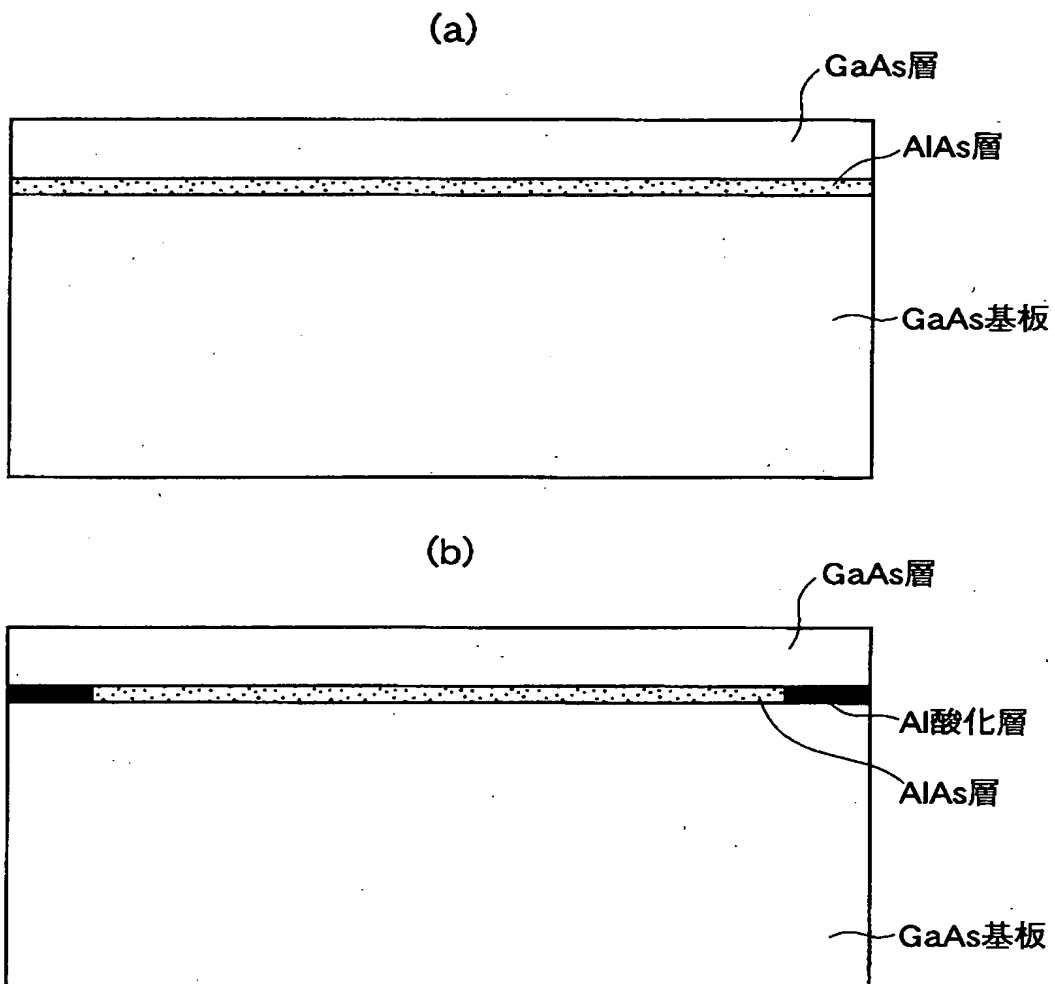
【図 3】



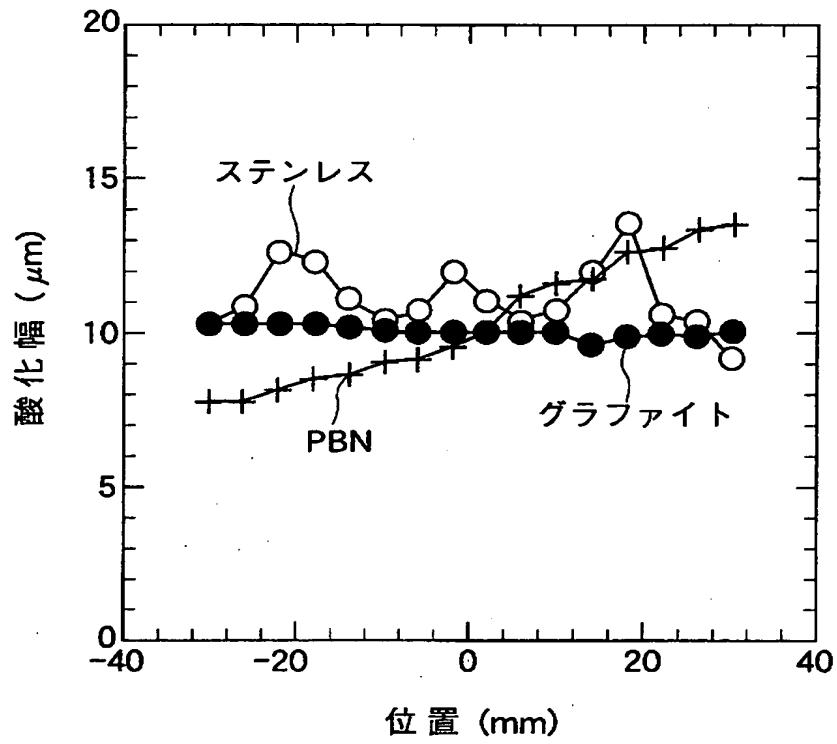
【図4】



【図5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 A 1 を含む層を酸化して A 1 酸化層を生成する際、面内均一性が高く、ウエハの全面にわたって同じ酸化幅の酸化層を生成できるようにした、ウエハの酸化装置を提供する。

【解決手段】 本ウエハの酸化装置 7 0 は、ウエハ W の外形輪郭より大きく、ウエハステージ 4 4 の外形輪郭より小さな輪郭を有し、熱伝導率が 100 W/K/m 以上の板状伝熱部材 7 2 が、ウエハステージ 4 4 とウエハ W との間に介在していることを除いて、従来のウエハの酸化装置と同じ構成を備えている。板状伝熱部材 7 2 は、グラファイトで形成された板状体であって、ウエハステージ 4 4 上に固定されている。

【選択図】 図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 2 9 0]

1. 変更年月日	1 9 9 0 年 8 月 2 9 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内 2 丁目 6 番 1 号
氏 名	古河電気工業株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [501157036]

1. 変更年月日 2001年 4月18日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都町田市薬師台3-13-1
氏 名 小山 二三夫

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [591055399]

1. 変更年月日 1991年 2月28日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都町田市つくし野2-33-10
氏 名 伊賀 健一